

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

А. Л. Шаповалов, М. В. Гринчак, К. В. Кузьмичова

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання самостійних робіт

з дисципліни

«Інформаційні технології в будівництві і бази даних»

*(для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання
напряму підготовки 6.060101 «Будівництво»
спеціальності «Промислове та цивільне будівництво»)*

Харків ХНАМГ 2010

Методичні вказівки до виконання самостійних робіт з дисципліни «Інформаційні технології в будівництві і бази даних» ((для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.060101 «Будівництво», спеціальності «Промислове та цивільне будівництво») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: А. Л. Шаповалов, М. В. Гринчак, К. В. Кузьмичова – Х.: ХНАМГ, 2010. – 27 с.

Укладачі: А. Л. Шаповалов,

М. В. Гринчак,

К. В. Кузьмичова

Рецензент: доц., канд. фіз-мат. наук Костенко О. Б.

Рекомендовано кафедрою ПМ і ІТ протокол №5 від 4 січня 2010 р.

Дані методичні вказівки призначені для самостійного вивчення: *теорії і практики методів, моделей і засобів інформаційних технологій у будівельному проектуванні*.

Введення

Виходячи з вимог практики виконання завдань у будівництві й відповідно до робочої програми дисципліни, самостійна робота спрямована на вивчення двох основних тем, розглянутих нижче в роботах №1 й №2. У процесі виконання цих робіт студенти здобувають реальні навички розрахунків, моделювання, графічного проектування засобами сучасного програмного забезпечення.

Інформаційна технологія (ІТ) охоплює не тільки процес створення проектної документації, але й весь життєвий цикл проекту з позицій проектувальника. Вона містить у собі всі етапи проекту, починаючи з досліджень і закінчуючи введенням у експлуатацію й досягненням проектних показників.

Як інструментарій ІТ для вивчення були обрані:

- програма **MathCad** - призначена для побудови діаграм, різних моделей і розрахунків, що найбільш за всі інші повно відповідає вимогам надійності, доступності, популярності [1,2,5].

- як інструментарій для графічного моделювання - система **AUTOCAD** [6,7].

Теми, що винесені для самостійного вивчення

I . ІТ автоматизації розрахункових завдань будівництва

1.1. Технічні розрахунки в системі **Mathcad**.

1.2. Рішення складних математичних задач, що вимагають умінь програмувати в системі **Mathcad**.

1.3. Виконання професійно-орієнтованих завдань оптимізації й прийняття рішень.

II. Виконання завдань графічного моделювання в системі Autocad.

2.1 Двомірне геометричне моделювання. За допомогою системи **AUTOCAD** виконати відповідне завдання (варіанти одержати у викладача).

1. Довідкова інформація:

Програмування в MathCad.

Для створення програм у середовищі MathCad [1,3] існує спеціальна панель **Programming** (Програмування) (рис. 1а), вона відноситься до панелі Math (Математичні) (рис. 1б).

Мова програмування MathCad має гранично малу кількість операторів (рис. 16, а). Щоб написати програму, насамперед для неї повинен бути створений блок. Виглядає він як чорна вертикальна лінія з маркерами, в які записують ті або інші вираження алгоритму.

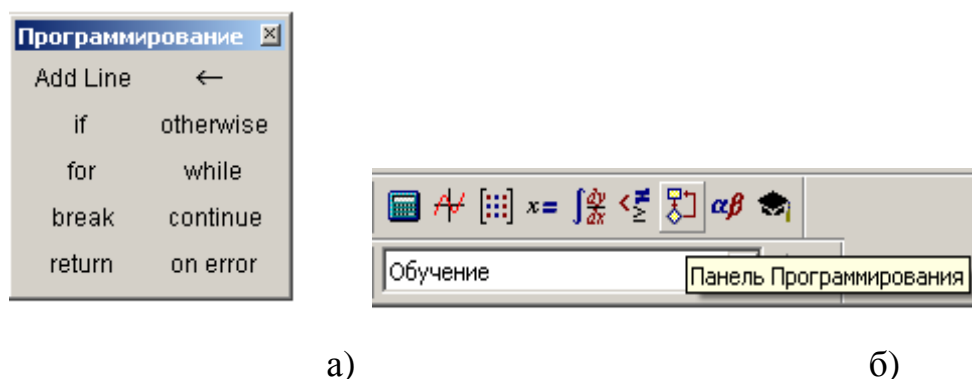



Рис. 1 — Панель програмування

Щоб побудувати одиничний елемент програмного блоку використовують кнопку команди **Add Line** (Додати лінію) панелі **Programming** (Програмування). При цьому в області курсору з'явиться наступний об'єкт: , у який можна занести два рядка програми. Для створення більшого числа рядків програми необхідно послідовно натискати кілька разів відповідну кнопку на панелі Programming. Програмний блок можна створити й усередині вже заданого блоку.

Для присвоєння значень змінним і функціям у MathCad використовується спеціальний оператор: \leftarrow (**Local Definition - Локальне присвоювання**), розташований на панелі **Programming** (Програмування).

Використати оператор звичайного присвоювання $:=$ в програмах не можна. Локальні змінні й функції мають пріоритет над глобальними в рамках рідної програми. Декілька змінних можна ставити в одному рядку через кому.

Практично будь-яка програма створюється з використанням спеціальних керуючих операторів, таких як оператор циклу **for** або оператора умови **if**.

Щоб задати потрібний оператор, використовують відповідні кнопки панелі Programming (Програмування). Просто набрати оператор з клавіатури неможна - він буде сприйнятий системою MathCad як невідома функція. Такі оператори як: **if**, **for**, **while**, активують код, розташований у лівому верхньому маркері, в тому випадку, якщо виконується умова в правому. Для завдання умови використовують також оператори панелі Boolean (Логічні). Можна задати й комплекс умов.

За допомогою оператора простого циклу **for** можна організувати виконання операції або перевірку умови для ряду конкретних значень змінної. Оператор **for** має три маркера: в двох верхніх маркерах, з'єднаних символом приналежності, задається ім'я змінної, за якою організується цикл, і ряд прийнятих нею значень. У нижньому маркері визначається операція або комплекс операцій, що повинні бути виконані для кожного значення змінної.

За допомогою другого оператора циклу **while** (Поки) можна організувати цикл, що буде працювати доти, доки деяка умова буде виконуватися. Оператор **while** має два маркера, в які вводять відповідно умови роботи циклу й вираження для операцій, що будуть виконуватися на кожному кроці циклу **while**. Кількість кроків виконання циклу не потрібно визначати явно.

Якщо в деяких ситуаціях при роботі програми необхідно перервати роботу циклу, для цього треба використати оператор **break** (Перервати). Цей оператор майже завжди працює з оператором **if** (Якщо) або **on error** (Перехоплення помилок).

Програмний оператор умови **if** (Якщо) використовують практично у всіх створюваних алгоритмах. Умовний оператор **if** має два маркери: **·if·**. В правий маркер вводять умову, в лівий - операцію, що виконується у випадку, якщо

умова виконується (якщо ж воно не виконується, то програма, пропускає даний фрагмент). У маркер оператора може бути внесено кілька умов.

Якщо алгоритм має кілька умов, при цьому виконання однієї з них може привести до невиконання або помилки в інших операторах умов, то можна використати спеціальний оператор **continue** (Продовжити). Його застосування аналогічне до застосування оператора **break** (Перервати).

Оператор **otherwise** (Інакше) призначений для визначення дії, що повинна бути виконана, якщо умова оператора **if** (Якщо) виявиться помилковою. Одночасно може бути використано кілька умовних операторів **if** (Якщо). Оператор **otherwise** (Інакше) буде задіяний, якщо не виконаються умови всіх операторів **if** (Якщо).

РОБОТА 1. Рішення розрахункових завдань будівництва в системі MATHCAD

ЗАВДАННЯ. 1.1 Для сталевого стрижня, зображеного на рис. 1.1, визначити у всіх поперечних перерізах напругу σ . Визначити також вертикальні переміщення для всіх поперечних перерізів стрижня .

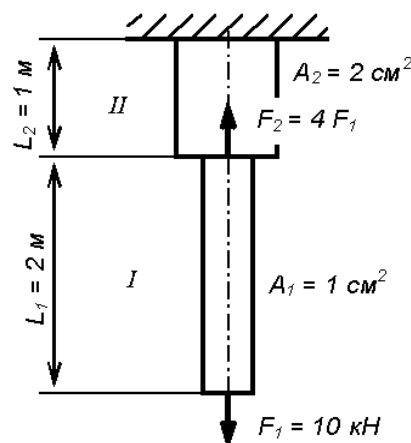


Рис. 1.1 — До завдання 1.1.

Дано:

$kN := 10^3 \cdot N$	$MPa := 10^6 \cdot Pa$	$ORIGIN \equiv 1$
$n := 2$	число участков	
$i := 1..n$		
$H_1 := 10 \cdot mm$	высота прямоугольного сечения участка 1	
$H_2 := 20 \cdot mm$	высота прямоугольного сечения участка 2	
$B_1 := 10 \cdot mm$	ширина прямоугольного сечения участка 1	
$B_2 := 10 \cdot mm$	ширина прямоугольного сечения участка 2	
$L_1 := 2 \cdot m$	длина участка 1	
$L_2 := 1 \cdot m$	длина участка 2	
$E_1 := 2 \cdot 10^5 \cdot MPa$	модуль Юнга материала участка 1	
$E_2 := 2 \cdot 10^5 \cdot MPa$	модуль Юнга материала участка 2	
$F_1 := 10 \cdot kN$	приложенная сила на участке 1	
$F_2 := -40 \cdot kN$	приложенная сила на участке 2	

Решение:

$$A := \overrightarrow{(B \cdot H)} \quad \text{площадь сечения}$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} cm^2$$

$$F = \begin{pmatrix} 10 \\ -40 \end{pmatrix} kN \quad \text{сила}$$

$$\sigma_i := \frac{\sum_{i=1}^i F_i}{A_i} \quad \text{напряжение}$$

$$\sigma = \begin{pmatrix} 100 \\ -150 \end{pmatrix} MPa$$

$$\delta_i := \sum_{i=1}^{n+1-i} \left(\frac{\sigma_{n+1-i} \cdot L_{n+1-i}}{E_{n+1-i}} \right) \quad \text{перемещение}$$

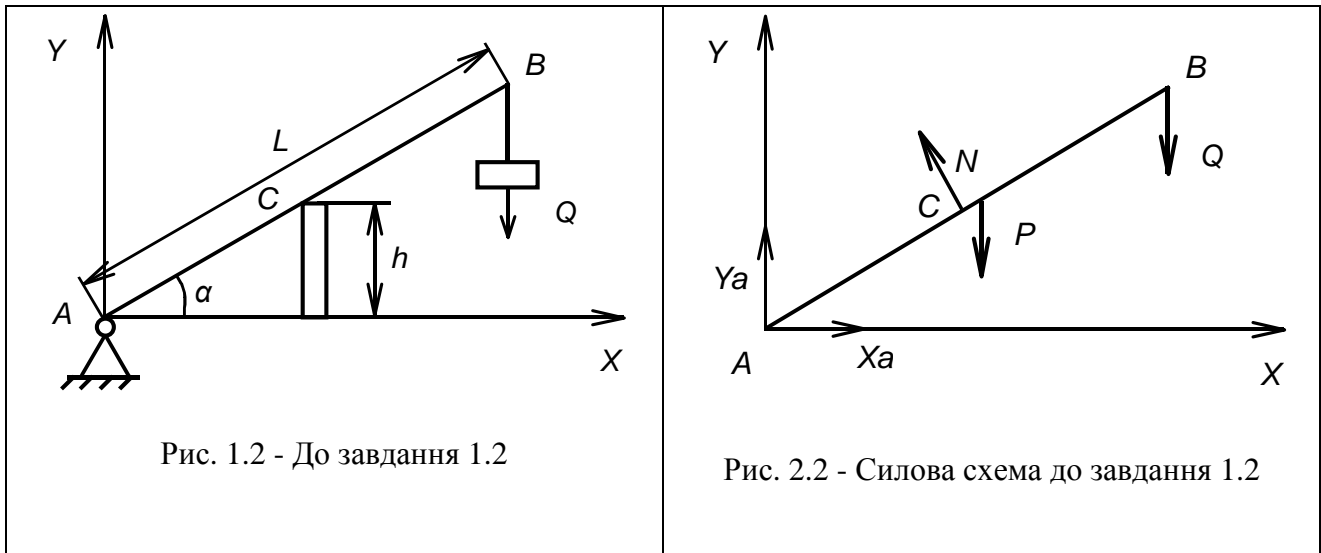
$$\delta = \begin{pmatrix} 0.25 \\ -0.75 \end{pmatrix} mm$$

Проверка расчета перемещений по участкам

$$\frac{\sigma_2 \cdot L_2}{E_2} = -0.75 \text{ mm} \quad \text{перемещение для 2 участка}$$

$$\frac{\sigma_1 \cdot L_1}{E_1} + \frac{\sigma_2 \cdot L_2}{E_2} = 0.25 \text{ mm} \quad \text{перемещение для 1 участка}$$

ЗАВДАННЯ 1.2 Однорідна гладка балка AB силою ваги $P = 2$ кН, закріплена в точці A за допомогою шарніра, опирається в точці C на стінку; в точці B підвішений вантаж $Q = 1$ кН (рис. 1.2). Визначити опорні реакції в точках A і C , якщо балка становить з обрієм кут $\alpha = 30^\circ$, $h = 1$ м, $L = 3$ м. Силова схема з реакціями зв'язків - див. рис. 2.2.



Дано:

$$\begin{aligned} \text{kN} &:= 10^3 \cdot \text{N} \\ P &:= 2 \cdot \text{kN} & Q &:= 1 \cdot \text{kN} & L &:= 3 \cdot \text{m} & h &:= 1 \cdot \text{m} \\ N &:= Q & X_A &:= P & Y_A &:= P \end{aligned}$$

Решение:

2.3.1. Решение задачи с помощью функции "Find"

Given

$$X_A - N \cdot \cos(60 \cdot \text{deg}) = 0$$

$$Y_A - P + N \cdot \cos(30 \cdot \text{deg}) - Q = 0$$

$$-P \cdot \frac{L}{2} \cdot \cos(30 \cdot \text{deg}) + \frac{N \cdot h}{\sin(30 \cdot \text{deg})} - Q \cdot L \cdot \cos(30 \cdot \text{deg}) = 0$$

$$\text{Find}(X_A, Y_A, N) = \begin{pmatrix} 1.299 \\ 0.75 \\ 2.598 \end{pmatrix} \text{ kN}$$

2.3.3. Матричное решение задачи

Дано:

$$\begin{aligned} P &:= 2 & Q &:= 1 & L &:= 3 & h &:= 1 \\ N &:= Q & X_A &:= P & Y_A &:= P \end{aligned}$$

Решение:

$$X_A - N \cdot \cos(60 \cdot \text{deg}) = 0$$

$$Y_A - P + N \cdot \cos(30 \cdot \text{deg}) - Q = 0$$

$$-P \cdot \frac{L}{2} \cdot \cos(30 \cdot \text{deg}) + \frac{N \cdot h}{\sin(30 \cdot \text{deg})} - Q \cdot L \cdot \cos(30 \cdot \text{deg}) = 0$$

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 0 & -\cos(60 \cdot \text{deg}) \\ 0 & 1 & \cos(30 \cdot \text{deg}) \\ 0 & 0 & \frac{h}{\sin(30 \cdot \text{deg})} \end{pmatrix} \quad D := \begin{pmatrix} 0 \\ Q + P \\ P \cdot \frac{L}{2} \cdot \cos(30 \cdot \text{deg}) + Q \cdot L \cdot \cos(30 \cdot \text{deg}) \end{pmatrix}$$

$$X := A^{-1} \cdot D$$

$$X = \begin{pmatrix} 1.299 \\ 0.75 \\ 2.598 \end{pmatrix}$$

$$X := \text{lsolve}(A, D)$$

$$X = \begin{pmatrix} 1.299 \\ 0.75 \\ 2.598 \end{pmatrix}$$

ЗАВДАННЯ. 1.3. Виконати розрахунок сил, що діють у вузлах елемента (рис. 1.3)

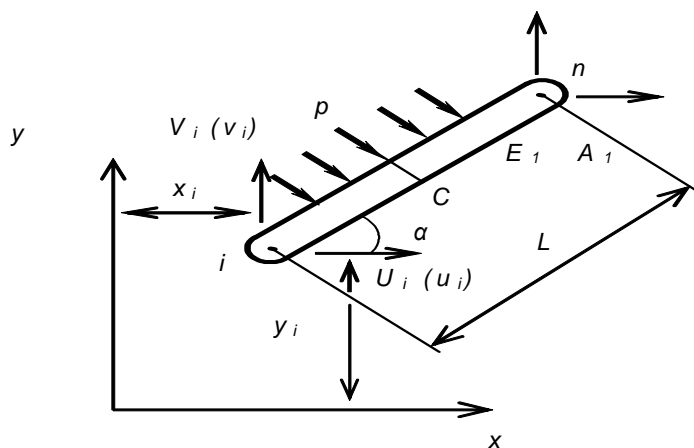


Рис. 1.3 – Шарнірно обперта балка C

p – розподілене поперечне навантаження, E_I – модуль пружності балки, A_I – постійний перетин балки, L – довжина балки, x_i , y_i – координати вузових точок балки, u_i , v_i – переміщення вузових точок балки, U_i , V_i – переміщення балки, i, n – вузові точки балки

Інженерні конструкції можна розглядати як деяку сукупність конструктивних елементів, з'єднаних у кінцевому числі вузових точок. Якщо відомі співвідношення між силами й переміщеннями для кожного окремого елемента, то можна описати властивості й досліджувати поведінку конструкції в цілому.

Як приклад розглянемо двовимірне завдання про шарнірно обперту С балку постійного перетину А з модулем пружності Е (мал. 1.3). Балка навантажена рівномірно розподіленим поперечним навантаженням p і піддана однорідній температурній деформації.

Дано:

$$L := 1000 \cdot \text{mm}$$

длина балки

$$d := 20 \cdot \text{mm}$$

половина высоты сечения балки

$$h := 40 \cdot \text{mm}$$

ширина балки

$$\alpha := 45 \cdot \text{deg}$$

угол наклона балки

$$E := 2.1 \cdot 10^5 \cdot \text{MPa}$$

модуль упругости материала балки

$$a := 1.1 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

коэффициент линейного расширения материала балки

$$T := 30 \cdot \text{K}$$

изменение температуры

$$p := 10 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

равномерно распределенная поперечная нагрузка

$$\delta := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1.5 \\ 0.5 \end{pmatrix} \cdot \text{mm}$$

перемещения узловых точек элемента

Решение:

$$A := 2 \cdot d \cdot h$$

расчет площади сечения балки

$$F_p := \begin{pmatrix} -\sin(\alpha) \\ \cos(\alpha) \\ -\sin(\alpha) \\ \cos(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \frac{p \cdot L}{2}$$

расчет сил,
уравновешивающих
действующие на элемент
распределенные нагрузки

$$F_{\varepsilon 0} := \begin{pmatrix} -\cos(\alpha) \\ -\sin(\alpha) \\ \cos(\alpha) \\ \sin(\alpha) \end{pmatrix} \cdot E \cdot a \cdot T \cdot A$$

расчет сил, обусловленных
начальными деформациями

Расчет матрицы жесткости элемента:

$$k := \begin{pmatrix} \cos(\alpha)^2 & \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) & -\cos(\alpha)^2 & -\sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) \\ \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) & \sin(\alpha)^2 & -\sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) & -\sin(\alpha)^2 \\ -\cos(\alpha)^2 & -\sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) & \cos(\alpha)^2 & \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) \\ -\sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) & -\sin(\alpha)^2 & \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha) & \sin(\alpha)^2 \end{pmatrix} \cdot \frac{E \cdot A}{L}$$

$$F_{\delta} := k \cdot \delta$$

расчет сил, вызванных
перемещениями узлов

$$F := F_{\delta} + F_p + F_{\varepsilon 0}$$

расчет сил, действующих в
узлах элемента

$$F = \begin{pmatrix} 86.06 \\ 93.132 \\ -93.132 \\ -86.06 \end{pmatrix} \text{ kN}$$

Робота 2. Розрахунок статично визначених ферм

1. Матричний алгоритм для розрахунку ферм [4].

В елементах ферми діє тільки поздовжня сила N_e , постійна по довжині кожного стрижня $N_e = N_{en} = N_{ek}$ (рис. 1.4, а).

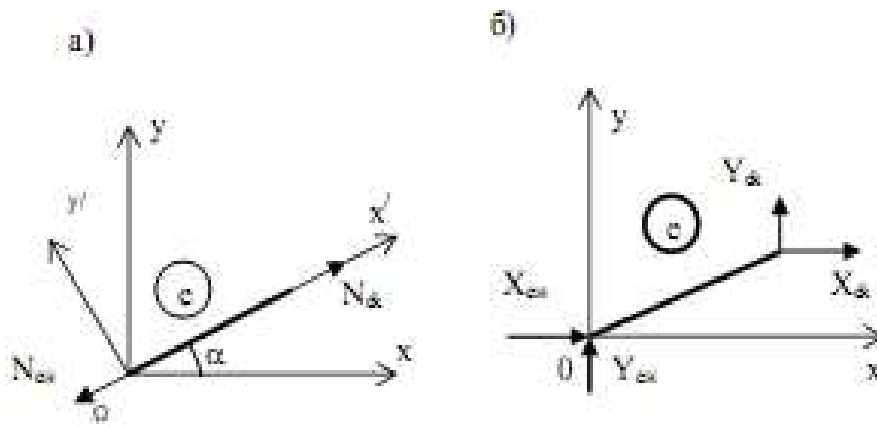


Рис. 1.4

Встановимо зв'язок між зусиллями, що діють на кінці стрижня **e** ферми, в місцевій X' та Y' (мал. 1.4,а) і загальній X_0 (мал. 1.4,б) системах координат:

$$X_{en} = - N_e \cos(\alpha)$$

$$X_{ek} = N_e \cos(\alpha)$$

$$Y_{en} = - N_e \sin(\alpha)$$

$$Y_{ek} = N_e \sin(\alpha)$$

Тут індекси «н» і «до» ставляться відповідно до початку і кінця стрижня.

У матричному записі ці співвідношення мають вигляд

$$X_{en} = - F N_e$$

$$X_{ek} = F N_e \quad (1)$$

Установимо тепер зв'язок зусиль у **j**-му вузлі ферми, де сходяться **nj** стрижні.

Нехай $P_j = [P_{xj} \ P_{yj}]$ - вектор зовнішнього навантаження, прикладений до вузла **j**, а $X_e = [X_e \ Y_e]$ вектор зусиль на кінці стрижня **e**, що примикає до розглянутого вузла. Тоді умова рівноваги вузла **j** записується у вигляді:

$$P_j = \sum X_e, \quad \text{де } e=1, \ n_j \quad (2)$$

Далі перейдемо до складання рівнянь рівноваги для всієї системи в цілому. Позначимо через $Y = [Y_1, Y_2, \dots, Y_e, \dots, Y_c]$ вектор внутрішніх зусиль у стрижнях ферми. Компоненти цього вектора виражаються через вектори зусиль для кінцевих перетинів кожного стрижня у вигляді рівностей

$$Y_e = X_{en} = - X_{ek}$$

Зв'язок між вектором зовнішніх навантажень $P = [P_1, P_2, \dots, P_e, \dots, P_c]$ і вектором Y являє собою об'єднання в одне матричне співвідношення рівнянь рівноваги (2) всіх вузлів ферми за допомогою структурної матриці Sc :

$$P = Sc Y$$

З огляду на формули (1), це співвідношення можна записати у вигляді

$$P = - S_o N \quad (3)$$

де $N = [N_1, N_2, \dots, N_e, \dots, N_c]$ - вектор зусиль у стрижнях ферми.

Матриця S_o виходить зі структурної матриці Sc заміною елементів «1» на вектори F_ϕ , елементів «-1» на вектори $-F_\phi$, а елементів «0» - на нульові вектори $[0, 0]$.

Далі з вектора P необхідно виключити елементи, що відповідають опорним зв'язкам і одержати вектор Q , а з матриці S_o виключити відповідні рядки, утворюючи матрицю S_p . Тоді вектор невідомих зусиль N визначиться як рішення матричного рівняння

$$S_p N = - Q \quad (4)$$

Умови можливості розв'язання цього рівняння дають наступні висновки:

1. По-перше, матриця S_p повинна бути квадратною, тобто різниця між числами її рядків і стовпців повинна дорівнювати нулю. Ця рівність відома як умова статичної визначеності ферми, тут C_{on} – число опорних стрижнів.

2. По-друге, визначник матриці S_p повинен бути відмінний від нуля, що є умовою геометричної стабільності ферми.

2. Приклад розрахунку статично визначеної ферми в середовищі Mathcad

Проведемо розрахунок ферми, зображеної на рис. 2.4

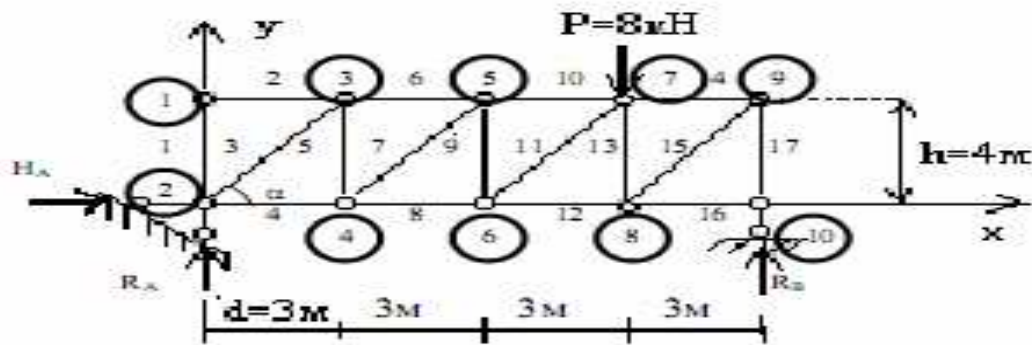


Рис. 2.4

ORIGIN := 1 ; **nuz** - число вузлів ферми; **nel** - число стрижнів ферми.

nuz := 10 **nel** := 17

Пронумеруємо вузли й стрижні ферми (див. рис. 2.4), запишемо структурну матрицю **Sc** (поєднуючи **Sc1** й **Sc2**) і задамо координати вузлів у векторі **C**.

$$\mathbf{Sc1} := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{Sc2} := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$Sc := \text{augment}(Sc1, Sc2)$$

$$Sc =$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	-1	-1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	-1	-1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1	1	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1	1	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1	1	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1

$$C_1 := \begin{pmatrix} 0 \\ 4 \end{pmatrix} \quad C_2 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad C_3 := \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad C_4 := \begin{pmatrix} 3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$C_5 := \begin{pmatrix} 6 \\ 4 \end{pmatrix} \quad C_6 := \begin{pmatrix} 6 \\ 0 \end{pmatrix} \quad C_7 := \begin{pmatrix} 9 \\ 4 \end{pmatrix} \quad C_8 := \begin{pmatrix} 9 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$C_9 := \begin{pmatrix} 12 \\ 4 \end{pmatrix} \quad C_{10} := \begin{pmatrix} 12 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Найдем вектор проекций pr стержней рамы на оси общей системы координат $хоу$

$$i := 1 \dots \text{cols}(Sc) \quad j := 1 \dots \text{rows}(Sc)$$

$$pr_i := - \sum_{j=1}^{nuz} [(Sc^T)_{i,j} \cdot C_j]$$

$$pr_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ -4 \end{pmatrix} \quad pr_2 = \begin{pmatrix} 3 \\ 0 \end{pmatrix} \quad pr_3 = \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad pr_4 = \begin{pmatrix} 3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$pr_5 = \begin{pmatrix} 0 \\ -4 \end{pmatrix} \quad pr_6 = \begin{pmatrix} 3 \\ 0 \end{pmatrix} \quad pr_7 = \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad pr_{17} = \begin{pmatrix} 0 \\ -4 \end{pmatrix}$$

Вычислим длины стержней рамы

$$i := 1 \dots nel$$

$$L_i := \sqrt{pr_i^T \cdot pr_i} \quad L_1 = 4 \quad L_2 = 3 \quad L_3 = 5 \quad L_{nel} = 4$$

Определяем направляющие косинусы

$$\alpha_i := \frac{pr_i}{L_i} \quad \alpha_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix} \quad \alpha_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \alpha_3 = \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.8 \end{pmatrix} \quad \alpha_4 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\alpha_{11} = \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.8 \end{pmatrix}$$

Складемо матрицю рівноваги **S1**, що виходить зі структурної матриці **Sc** заміною в останній елементів 1 на вектори α_i , елементів -1 на $-\alpha_i$, а нулів - на відповідні нульові вектори.

Для цього треба використати оператор програмування:

```

S1 := | Sc  $\leftarrow$  Sc
      | for  $i \in 1..2 \cdot \text{rows}(\text{Sc})$ 
      |   for  $j \in 1.. \text{cols}(\text{Sc})$ 
      |     S1 $i,j$   $\leftarrow$  0
      |   for  $i \in 1.. \text{rows}(\text{Sc})$ 
      |     for  $j \in 1.. \text{cols}(\text{Sc})$ 
      |       if Sc $i,j$  = 1
      |         | r1  $\leftarrow$   $2 \cdot i - 1$ 
      |         | c1  $\leftarrow$   $j$ 
      |         |   for  $il \in 1..2$ 
      |         |     S1 $r1+il-1, c1$   $\leftarrow$   $(\alpha_j)_{il}$ 
      |       if Sc $i,j$  = -1
      |         | r1  $\leftarrow$   $2 \cdot i - 1$ 
      |         | c1  $\leftarrow$   $j$ 
      |         |   for  $il \in 1..2$ 
      |         |     S1 $r1+il-1, c1$   $\leftarrow$   $-(\alpha_j)_{il}$ 
      | S1

```

Запишемо вектори зовнішніх навантажень, що діють у кожному вузлі ферми. Опорні реакції в розрахунок не приймаються, тому що при обліку граничних умов відповідні елементи будуть вилучені.

$$\begin{aligned}
 P_1 &:= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} & P_2 &:= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} & P_3 &:= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} & P_4 &:= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} & P_5 &:= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\
 P_6 &:= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} & P_7 &:= \begin{pmatrix} 0 \\ -8 \end{pmatrix} & P_8 &:= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} & P_9 &:= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} & P_{10} &:= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Сформуємо вектор правої частини **Q** з векторів **Pi** і нульових елементів, розташованих нижче **Pi**


```

Q :=
for i ∈ 1..rows(S1)
  Qi ← 0
  for i ∈ 1..nuz
    for il ∈ 1..2
      r1 ← 2·i - 1
      Qr1+il-1 ← (Pi)il
  Q

```

$$Q^T =$$

З урахуванням граничних умов (**nor** - число опорних стрижнів;
nsv - вектор, компоненти якого відповідають накладеним на систему зв'язкам)
у матриці **S1** й у векторі **Q** необхідно видалити відповідні рядки й елементи.

```

nor := 3      nsv1 := 3      nsv2 := 4      nsv3 := 2
A :=
k ← 0
for i ∈ 1..rows(S1)
  continue if (i = nsv1) ∨ (i = nsv2) ∨ (i = nsv3)
  k ← k + 1
  for j ∈ 1..cols(S1)
    Spk,j ← S1i,j
  Tk ← (-Q)i
(Sp T)^T

```

Відзначимо, що елементами складеного масиву **A** є матриця **Sp** і права частина **T** системи лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАУ), рішення якої приводить до визначення вектора **Z** - вектора зусиль у стрижнях ферми:

$$Z := (A_1)^{-1} \cdot A_2$$

$$Z =$$

	1
1	0
2	0
3	-2.5
4	1.5
5	2
6	-1.5
7	-2.5
8	3
9	2
10	-3
11	-2.5
12	-4.5
13	-6
14	-4.5
15	7.5
16	0
17	-6

$$\cdot$$

Используя равенство $Q = S \cdot R$, определим опорные реакции R_{x1}
 $= Q_1$, $R_{y1} = Q_2$ и $R_{y6} = Q_{17}$

$$Q := S1 \cdot Z$$

$$R_{x2} := Q_{(nsv_1)}$$

$$R_{y2} := Q_{(nsv_2)}$$

$$R_{y10} := Q_{(nsv_3)}$$

$$R_{x2} = 0$$

$$R_{y2} = -2$$

$$R_{y10} = -6$$

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ:

1. Вхідні дані для виконання завдання потрібно вибрати з таблиці 1.4 відповідно до свого шифру. Для цього під шифром, що представляє собою тризначне число (три останні цифри номера залікової книжки), треба розташувати три букви російського алфавіту,

наприклад:

шифр - 2 6 3

букви - а б в

У таблиці 4.1 з вертикальних стовпців, позначених внизу відповідною *буквою*, потрібно вибрати числа, що стоять у тому горизонтальному рядку, номер якого збігається з номером букви.

Наприклад, для зазначеного вище шифру: номер розрахункової схеми (рис. 1.5) збігається з останньою цифрою шифру, тобто з номером III-ої схеми; зовнішні сили: **$P_1 = 4\text{кН}$, $P_2 = 1\text{кН}$, $P_3 = 5\text{кН}$, ...;**

розміри: $d = 5,0\text{м}$, $h = 7,5\text{м}$; кут $\alpha = 30^\circ$; № панелі - 3.

№ строки	Расчетная схема	Внешние силы, кН					Размеры, м		Угол α , град.	№ панели
		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	d	h		
1	I	5	6	1	2	2	3,0	4,5	45	2
2	II	4	8	3	6	1	4,0	6,0	30	3
3	III	3	0	5	7	8	5,0	7,5	45	2
4	IV	2	9	7	9	3	3,2	4,8	60	3
5	V	1	7	9	8	4	4,2	6,2	90	2
6	VI	0	1	10	5	5	5,2	7,6	30	3
7	VII	6	2	8	3	9	3,5	5,0	45	2
8	VIII	7	3	6	1	7	4,5	6,5	60	3
9	IX	8	4	4	4	6	3,8	5,5	30	2
0	X	9	5	2	0	0	4,8	7,0	45	3
	в	а	б	в	а	б	в		б	а

Таблица 1.4

2. При виконанні завдання необхідно дотримуватися наступних вимог:

- а) акуратно накреслити розрахункову схему в графічному редакторі **Paint**, указати на ній всі задані розміри й навантаження відповідно до вхідних даних, осі координат, пронумерувати всі вузли й стрижні ферми;
- б) рішення завдання проводити в математичному пакеті **Mathcad** за аналогією з *прикладом* розрахунку ферми;
- в) усі розрахунки повинні супроводжуватися короткими поясненнями у вигляді тексту;
- г) лінії впливу зусиль у стрижнях ферми необхідно будувати із вказівкою характерних ординат, їхніх знаків. Усі креслення рекомендують виконувати з використанням графічного редактора **Paint** з дотриманням масштабу.

3.Завдання. Розрахунок статично визначених ферм

Для заданої ферми (рис. 1.5) потрібно *визначити позовжні зусилля у всіх її стрижнях.*

Завдання вирішити в середовищі пакета **Mathcad**;

Пояснення. Для виконання розрахунку ферми необхідно виконати наступні пункти завдання:

- 1) пронумерувати вузли й стрижні ферми, сформувати структурну матрицю - S_c ;
- 2) задати координати вузлів;
- 3) знайти проекції стрижнів ферми на осі загальної системи координат;
- 4) обчислити довжини стрижнів L_i ;
- 5) визначити напрямні косинуси α_i ;
- 6) скласти вектор зовнішнього навантаження P і матрицю S_o ;
- 7) сформувати вектор Q і матрицю S_p для запису системи рівнянь рівноваги вихідної ферми в матричному вигляді.

- 8) вирішити отриману систему лінійних рівнянь і оцінити отримані результати;
 при необхідності провести додаткові розрахунки, змінюючи вектор
 зовнішнього навантаження;

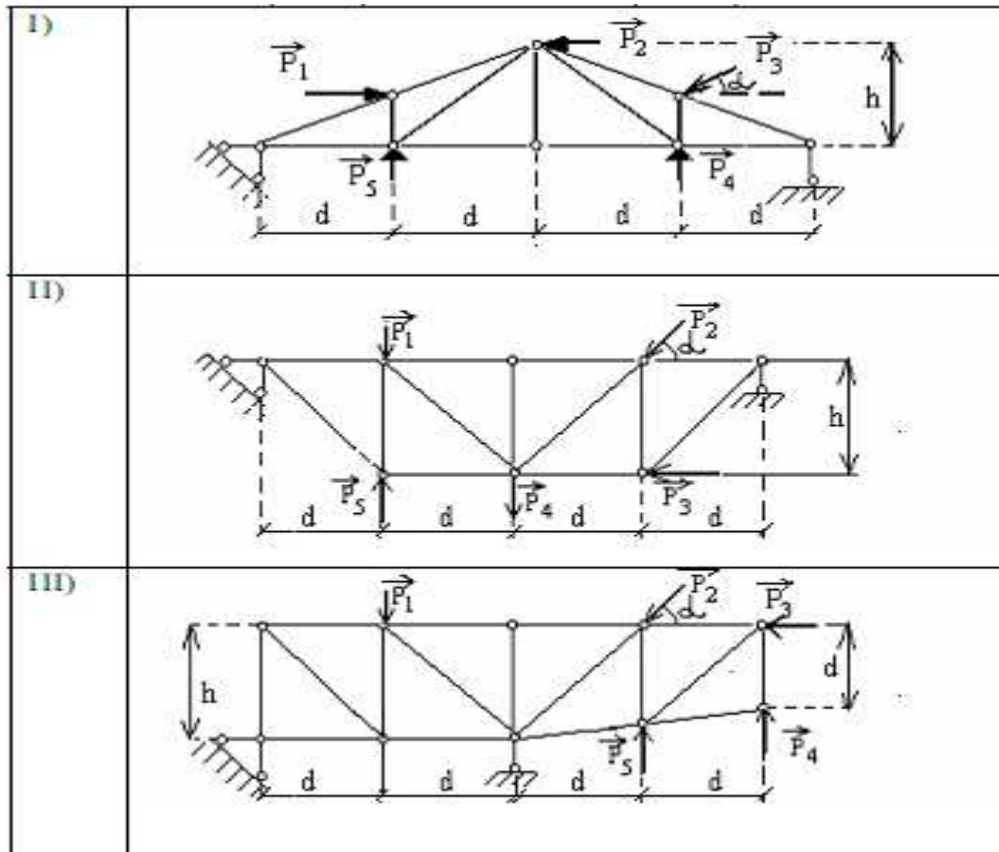


Рис.1.5

IV)	
V)	
VI)	
VII)	
VIII)	
IX)	
X)	

Робота 3. Завдання оптимізації в будівництві

Для придбання навичок математичної постановки завдань, оптимізації лінійного програмування й освоєння методів їх рішення, нижче наведені два завдання.

Вхідні дані до завдань необхідно вибрати із зазначених нижче таблиць 1 і 2 - відповідно до свого шифру.

Наприклад:

3 6 7

а в з

Приклад. ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ 1

Завдання 1. Фірма робить вироби двох видів A_1 і A_2 за допомогою послідовної обробки кожної з них у трьох цехах. Вихідні дані завдання наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Названия цехов	Нормы затрат времени на 1 изделие, час/сут		Объем ресурсов, час/сут
	изделие A_1	изделие A_2	
B_1	0,1	0,2	12
B_2	0,2	0,1	10
B_3	0,3	0,3	21
Прибыль на 1 изделие, у.е.	65	80	

Визначити кількості x_j , $j = 1, 2$, виробів A_j , що необхідно виготовити для досягнення максимального прибутку

$$F = 65 \cdot x_1 + 80 \cdot x_2, \quad (3.1)$$

тобто знайти **оптимальний** план добового випуску виробів A_1 й A_2 . Це типове завдання виробничого планування.

Відзначимо, що значення x_1 і x_2 не можуть бути обрані довільно, тому що існують обмеження на добовий час роботи в цехах. Ці обмеження записують у вигляді:

$$\begin{aligned}0,1 \cdot x_1 + 0,2 \cdot x_2 &\leq 12 \\0,2 \cdot x_1 + 0,1 \cdot x_2 &\leq 10 \\0,3 \cdot x_1 + 0,3 \cdot x_2 &\leq 21\end{aligned}\tag{3.2}$$

Крім того значення x_1 і x_2 не можуть бути негативними:

$$x_1 \geq 0; \quad x_2 \geq 0;\tag{3.3}$$

Потрібно знайти таке ненегативне рішення x_1, x_2 системи лінійних нерівностей (3.2), при якому цільова функція (3.1) приймає максимальне значення.

ЗАВДАННЯ 1. «Оптимальний план добового випуску будівельних виробів»

Процес виготовлення будівельних виробів двох видів складається з послідовної обробки кожного з них у трьох цехах.

Нехай $a_{i,j}$ - час обробки кожного виробу виду j у цеху i , час/доба; $i = 1, 2, 3$; $j = 1, 2$; b_i - час роботи цеху i , година/сут; c_j - прибуток від реалізації одного виробу виду j , у.е.; x_j – кількість виробів виду j , шт.

Скласти план добового випуску виробів так, щоб прибуток від їхнього виробництва був максимальним.

Завдання вирішити:

- 1) за допомогою математичного пакета **Mathcad** - за допомогою вбудованих функцій;
- 2) з використанням табличного процесора **Excel** -- за допомогою вбудованих функцій **Excel**;
- 3) отримані результати порівняти.

Вихідні дані взяти з табл. 1.

Таблиця 1.

№№ строк	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}	a_{31}	a_{32}	B_1	B_2	B_3	C_1	C_2
1	0,1	1,0	0,6	0,1	0,5	0,4	12	10	21	65	80
2	0,2	0,9	0,5	0,6	0,6	0,5	13	11	20	70	85
3	0,3	0,8	0,7	0,2	0,7	0,6	14	12	19	75	90
4	0,4	0,7	0,4	0,7	0,8	0,7	15	13	18	80	95
5	0,5	0,6	0,8	0,3	0,9	0,8	16	14	17	85	100
6	0,6	0,5	0,3	0,8	1,0	0,9	17	15	16	90	75
7	0,7	0,4	0,9	0,4	0,1	1,0	18	16	15	60	70
8	0,8	0,3	0,2	0,9	0,2	0,3	19	17	14	55	65
9	0,9	0,2	1,0	0,5	0,3	0,2	20	18	13	50	60
0	1,0	0,1	0,1	1,0	0,4	0,1	21	19	12	45	55
	a	b	v	a	b	v	a	b	v	b	v

ЗАВДАННЯ 2. «Завдання про оптимальний склад бетонної суміші»

Для приготування b_0 кг бетонної суміші з заданими властивостями використовують речовини A_j , $j = 1, 2, 3$. В x_j кг речовини A_j міститься a_{ij} x_j кг. хімічного елемента B_i , $i = 1, 2$. Вміст елемента B_i у суміші повинен знаходитися в межах від $b_{i/}$ до $b_{i/}$ кг. Вартість 1кг речовини A_j становить c_j у.е.

Потрібно визначити такий склад для готування суміші, при якому загальна вартість витрачених речовин була б мінімальною.

Завдання вирішити:

- 1) за допомогою математичного пакета **Mathcad** - за допомогою вбудованих функцій;
- 2) з використанням табличного процесора **Excel** - за допомогою вбудованих функцій Excel;
- 3) отримані результати зрівняти.
- 4) звіт за всіма роботами представити в електронному вигляді - на CD диску записати всі файли за всіма завданнями.

Вхідні дані взяти з табл. 2.

Таблиця 2.

№№ строк	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{21}	a_{22}	a_{23}	b_1'	b_2'	b_1''	b_2''	b_0	c_1	c_2	c_3
1	0,1	1,0	0,6	0,1	0,5	0,4	3,2	5,0	7,0	5,2	15	5	14	5
2	0,2	0,9	0,5	0,6	0,6	0,5	3,4	4,8	6,8	5,4	20	6	13	14
3	0,3	0,8	0,7	0,2	0,7	0,6	3,6	4,6	6,6	5,6	25	7	12	6
4	0,4	0,7	0,4	0,7	0,8	0,7	3,8	4,4	6,4	5,8	30	8	11	13
5	0,5	0,6	0,8	0,3	0,9	0,8	4,0	4,2	6,2	6,1	35	9	10	7
6	0,6	0,5	0,3	0,8	1,0	0,9	4,2	4,0	6,0	6,2	40	10	9	12
7	0,7	0,4	0,9	0,4	0,1	1,0	4,4	3,8	5,8	6,4	45	11	8	8
8	0,8	0,3	0,2	0,9	0,2	0,3	4,6	3,6	5,6	6,6	50	12	7	11
9	0,9	0,2	1,0	0,5	0,3	0,2	4,8	3,4	5,4	6,8	55	13	6	9
0	1,0	0,1	0,1	1,0	0,4	0,1	5,0	3,2	5,2	7,0	60	14	5	10
	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б

Список літератури

1. Плис А.И. , Сливина Н.А. Mathcad . Математичний практикум для економістів й інженерів/ - М: Фінанси й статистика, 2003.-656с.
2. Окулярів В.Ф. MathCAD 2000 для студентів й інженерів. М.: Комп'ютер Пресс, 2000. 288с.
3. Бундаєв В. В. Рішення завдань лінійної оптимізації з використанням Mathcad й Excel. - Методичний посібник і контрольні завдання для студентів усіх спеціальностей денної і заочної форм навчання. Улан-Уде: Із ВСГТУ, 2006. – 30 с., іл. (www.bcgty.ru).
4. Бундаєв В. В., Цингєєв Д. Ц. Розрахунок статично визначених ферм на ЕОМ. -Контрольні завдання й методичні вказівки. Улан-Уде: Із ВСГТУ, 1987.-34с.:іл. (www.bcgty.ru).
5. www.mathcad.ru
6. www.autocad.ru
7. www.acad.ru
8. Електронний посібник по системі MATHCAD. /CD ROM
9. Електронний посібник по системі AUTOCAD./ CD ROM

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

ШАПОВАЛОВ Анатолій Леонідович,

ГРИНЧАК Микола Васильович,

КУЗЬМИЧОВА Катерина Володимирівна

Методичні вказівки до виконання самостійних робіт
з дисципліни «**Інформаційні технології в будівництві і бази даних**»
(для студентів 3 курсу денної та заочної форм навчання
напряму підготовки 6.060101 «Будівництво»
спеціальності «Промислове та цивільне будівництво»).

Відповідальна за випуск *К. В. Кузьмичова*

Редактор *З. М. Москаленко*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосождарова*

План 2010, поз.402М

Підп. до друку 05.05.10р.

Друк на ризографі.

Зам.№

Формат 60x84/1/16

Ум. друк. арк. 1,1

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК №731

від 19.12.2001